

Métabolisme de l'éthéphon dans l'épiderme de l'ananas (*Ananas comosus*, (L.) MERR.)

A. SOLER*

Ethephon metabolism in the pineapple (*Ananas comosus*, (L.) MERR.) shell.

A. SOLER

Fruits, vol. 47, n°4, p. 471-477.

ABSTRACT - On the Ivory Coast, pineapple shell coloration is enhanced and homogenized with ethephon treatment before the harvest. During hot season, this treatment might be inefficient especially on fruits with translucent flesh. Effect of temperature, pH and stage of maturity on ethephon metabolism in the fruit shell has been studied. The main part of the product remains on the shell as dry residue, especially with hot temperatures. The absorbed ethephon (20%) is slowly degraded within 12-15 days. The temperature of the fruit during the treatment does not reduce its efficiency but pH of the ethephon solution above 5 does. The rate of ethephon degradation in the shell is not dependant on the fruit maturity. With translucent fruits, the pineapple shell sensibility to ethylene seems to be one of the main factors controlling the efficiency of the treatment, meanwhile physical and chemical conditions on the shell are not.

Métabolisme de l'éthéphon dans l'épiderme de l'ananas (*Ananas comosus*, (L.) MERR.).

A. SOLER

Fruits, vol. 47, n°4, p. 471-477.

RESUME - En Côte-d'Ivoire, la coloration des ananas est artificiellement accélérée et homogénéisée par une application d'éthéphon quelques jours avant la récolte. Aux périodes chaudes de l'année, alors que la pulpe est souvent translucide, le traitement est parfois peu efficace ou même sans effet. On a étudié le métabolisme de l'éthéphon dans l'épiderme du fruit en fonction des facteurs température, pH et maturité des fruits. La majorité du produit reste sous forme de résidu sec en surface, particulièrement aux fortes températures. L'éthéphon absorbé (20%) est lentement dégradé en une douzaine de jours. La température du fruit n'influe pas sur l'efficacité du traitement. L'augmentation du pH des solutions la diminue. La vitesse de dégradation de l'éthéphon dans l'épiderme est indépendante de la maturité du fruit. Dans le cas des fruits translucides, la sensibilité de l'épiderme de l'ananas à l'éthylène semble être un facteur déterminant de l'inefficacité du traitement plutôt que les conditions physicochimiques à la surface du fruit.

KEYWORDS: Pineapples, *Ananas comosus*, coloration, ethephon, metabolism, translucence.

MOTS CLÉS : Ananas (fruit), *Ananas comosus*, coloration, éthéphon, métabolisme, translucidité.

Introduction

Les nombreux effets de l'éthylène sur les plantes sont actuellement mis à profit en agriculture grâce aux générateurs d'éthylène comme l'acide 2-chloroéthylphosphonique ou éthéphon (LURSSSEN, 1982). Ce dernier peut être utilisé dans la culture de l'ananas soit pour l'induction florale artificielle (COOKE et RANDALL, 1968), soit pour la coloration du fruit avant récolte (AUDINAY, 1970). La coloration de l'épiderme obtenue par traitement à l'éthéphon est avant tout le résultat de la destruction des chlorophylles, le processus naturel de

coloration étant simplement accéléré. Les caroténoïdes sont normalement présents dans les chloroplastes comme éléments constitutifs du système photosynthétique de l'épiderme et sont masqués par les chlorophylles. Lors de la maturation des fruits les chloroplastes évoluent en chromoplastes et suivant les espèces il peut y avoir ou non synthèse additionnelle de caroténoïdes (LESHEM *et al*, 1986). Ces derniers, dont la teneur dans l'épiderme de l'ananas ne varie que peu (GORTNER *et al*, 1967; SOLER, 1991), sont simplement révélés au cours de la maturation et donnent leur couleur caractéristique aux fruits mûrs.

Sur des ananas récoltés aux périodes très chaudes et humides, l'efficacité du traitement à l'éthéphon est faible

*CIRAD-IRFA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

voire nulle, surtout sur les fruits atteints de translucidité de la pulpe (TEISSON, 1979 ; SOLER, 1991). Les conditions physico-chimiques dans lesquelles se trouve l'éthéphon sur l'épiderme du fruit contrôlent la vitesse d'absorption et de dégradation de la molécule en acide phosphorique et en éthylène (BIDDLE *et al.*, 1976 ; BEAUDRY et KAYS, 1987). Deux facteurs peuvent être primordiaux : d'une part la température des ananas, souvent élevée en zone tropicale, d'autre part le pH des solutions appliquées sur les fruits. L'efficacité du traitement éthéphon sur la coloration du fruit pourrait varier alors en fonction des conditions climatiques.

Une autre hypothèse pour expliquer l'inefficacité du traitement est la diminution de la sensibilité des fruits à l'éthéphon, provoquée, entre autres facteurs, par les conditions climatiques.

Une étude a été menée pour déterminer comment est métabolisé l'éthéphon dans l'épiderme de l'ananas en précisant le rôle de la température et du pH plus particulièrement lorsque le traitement pour la coloration des ananas est inefficace. Ces deux facteurs sont-ils directement responsables du phénomène par leur action sur la métabolisation de l'éthéphon ou bien faut-il en rechercher l'explication au niveau de la modification de la sensibilité du fruit à l'éthylène ?

Matériel et méthodes

Traitements

Le stade normal d'application de l'éthéphon au champ se situe juste au début de la coloration naturelle de l'épiderme du fruit. Trois types d'expérimentations ont été réalisés soit sur fruits entiers avant ou après récolte, soit sur des parties excisées du fruit.

Traitements avant récolte, fruits entiers

☐ Métabolisme de l'éthéphon dans des fruits en conditions de culture normale

Dans une première expérimentation, quatre traitements (0, 1, 2 ou 3 g de matière active d'éthéphon par litre à raison de 7,7 ml de solution par fruit en moyenne) ont été appliqués sur 25 fruits de 1,5 kg environ (avec trois répétitions), au stade début de coloration naturelle. La quantité d'éthéphon résiduel absorbé dans l'épiderme est mesurée 24 heures après le traitement.

Dans une seconde expérimentation, la solution habituellement utilisée en plantation (1 g de matière active par litre) a été appliquée à trois stades de coloration naturelle : stade 1, fruits verts immatures ; stade 2, fruits en début de coloration naturelle ; stade 3, fruits dont le tiers inférieur est coloré. L'évolution de l'éthéphon résiduel absorbé dans l'épiderme est mesurée jusqu'à coloration complète des fruits.

☐ Modification des conditions de température

Sur des dispositifs expérimentaux similaires, la température des fruits a été artificiellement diminuée par un ombrage intensif (couverture avec un paillis 72 heures avant le traitement) ou bien l'éthéphon a été pulvérisé sur les fruits à des

heures différentes de la journée (7, 10, 14, 16, 18 heures). Le test a été mis en place simultanément dans trois zones géographiques distinctes : zone 1, ensoleillement généralement moyen avec des sols sableux ; zone 2, ensoleillement généralement moyen avec des sols tourbeux et sur une parcelle avec des antécédents fréquents de problème de coloration ; zone 3, ensoleillement généralement fort avec des sols argileux. Les parcelles de cette dernière zone ont reçu une fumure azotée double de la normale (facteur sensibilisant aux problèmes de coloration).

☐ Modification des conditions de pH

Le pH des solutions d'éthéphon a été modifié en les tamponnant à 5, 6 ou 7 (tampons acétate et phosphate) alors que les solutions dans l'eau présentent des pH de l'ordre de 2,7-2,9, ceci afin d'accélérer la dégradation de la molécule en éthylène. Le dispositif expérimental utilisé est analogue à celui du test "température".

La coloration des fruits est appréciée visuellement et une note est attribuée selon une échelle de 1 à 5 (1 = vert ; 2 = centres des yeux jaunes ce qui correspond au début de coloration ; 3 = centres des yeux jaunes avec de larges cernes verts ; 4 = coloration jaune généralisée mais légers cernes verts persistants ; 5 = coloration jaune généralisée).

Traitements après la récolte, fruits entiers

Dans cette expérimentation, la cinétique d'évolution de l'éthéphon appliqué à la surface des fruits est déterminée par le dosage de l'éthylène libéré dans des enceintes par chromatographie en phase gazeuse. Les résidus d'éthéphon non dégradés à la surface et dans l'épiderme des fruits sont aussi quantifiés afin de réaliser un bilan de la répartition de l'éthéphon après 24 heures. Six traitements différents sont appliqués à des fruits de 1,5 kg (quatre répétitions) : dans le traitement témoin, les fruits ne reçoivent pas d'éthéphon et sont mis en enceinte à 23°C ; pour deux autres traitements, les fruits sont mis en enceintes à 23°C ou 43°C, 3 heures après l'application de 6 mg d'éthéphon ; enfin pour trois autres traitements, les fruits sont mis en enceinte à 23°C, 43°C ou 50°C juste après application de l'éthéphon. Les fruits reçoivent 6,0 mg ($\pm 0,1$ mg) d'éthéphon appliqués par micropulvérisation et mesurés par pesée simultanée. Ils sont ensuite conservés dans les enceintes thermostatées 24 heures pendant lesquelles sont effectués les dosages.

Traitements après la récolte, fragments excisés de pulpe et d'épiderme

Des fragments de pulpe sous-épidermiques et d'épiderme de 10 à 12 g sont traités avec des quantités d'éthéphon proportionnellement identiques à celles des fruits entiers (quantités calculées par rapport à la masse totale de pulpe sous-épidermique et d'épiderme). Les fragments, désinfectés par trempage dans NaOCl, ont été traités par imprégnation sous vide partiel avec des solutions de 1 mM ou 5 mM de chlorure de cobalt (inhibiteur de la biosynthèse de l'éthylène) ou de thio-sulfate d'argent (inhibiteur des effets de l'éthylène) ou de l'eau distillée avant application de l'éthéphon (100 à 250 μ g). Ils sont ensuite conservés 24 heures à 43°C dans des enceintes de 250 ml et le bilan [éthylène de l'atmosphère + éthéphon résiduel] est fait comme précédemment.

Dosage de l'éthéphon

La quantité d'éthylène libéré à partir de l'éthéphon est mesurée par chromatographie en phase gazeuse (CPG). La transformation de la molécule d'éthéphon en éthylène et acide phosphorique est rapide en milieu alcalin.

Selon les traitements :

- l'échantillon (fruit entier, fragment d'épiderme ou de pulpe) est placé dans une enceinte hermétiquement close (respectivement une enceinte de 10 l à 23°C, 43°C ou 50°C ou un flacon bouché de 250 ml à 43°C pendant 24 heures) ; l'éthylène libéré dans l'atmosphère des enceintes est alors dosé ;

- l'éthéphon résiduel à la surface des fruits est récupéré par 3 lavages successifs avec de l'acide HCl 0,05 N (stabilisant la molécule) ;

- le produit absorbé par l'épiderme (partie chlorophyllienne sous la cuticule) et non transformé en éthylène est dosé sur une aliquote de 10 ml d'un broyat de 50 g de matière végétale dans 200 ml d'HCl 0,05 N. Pour les bilans réalisés sur les fragments excisés d'épiderme ou de pulpe, le résidu de surface et l'éthéphon absorbé sont analysés ensemble.

Les 10 ml de broyat ou de solution de lavage sont alcalinisés par 10 ml de NaOH 2,5 N dans un flacon bouché de 250 ml, au bain-marie à 43°C pendant 12 heures. L'éthylène libéré dans l'atmosphère est alors mesuré par CPG.

Les effets du pH et de la température sur la vitesse de la réaction chimique de dégradation de la molécule, mesurés par cette technique, sont en conformité avec ceux rapportés par la littérature (BIDDLE *et al.*, 1976). La récupération de l'éthéphon dans les homogénéisats est supérieure à 99 % (SOLER, 1991).

Résultats

Absorption et évolution de l'éthéphon dans l'épiderme

Traitements pré-récolte

La quantité d'éthéphon absorbé par l'épiderme et non dégradé après 24 heures est proportionnelle à la quantité d'éthéphon initialement appliqué au champ sur les fruits (figure 1). Pour 7,7 mg, 15,4 mg et 23,1 mg (poids moyen appliqué au départ sur 25 fruits), on retrouve respectivement 1,7 mg, 3,0 mg et 4,4 mg, soit 22,1 %, 19,5 % et 19,0 % de l'éthéphon initial.

La quantité d'éthéphon absorbé est identique quel que soit le stade de coloration naturelle au moment du traitement. Elle est respectivement de 1,68 mg, 1,64 mg et 1,73 mg pour les stades 1, 2 et 3 lorsqu'on applique 7,7 mg. La vitesse de dégradation du produit absorbé dans l'épiderme est également identique pour les trois types de fruits (figure 2). Seulement 20 % de l'éthéphon initialement appliqué se retrouvent dans l'épiderme 24 heures plus tard. Après trois jours la dégradation de l'éthéphon se ralentit fortement. Après douze jours,

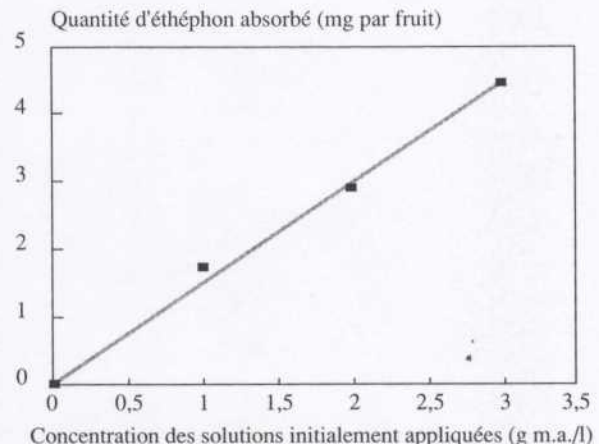


Figure 1. Absorption de l'éthéphon par l'épiderme (mesuré 24 heures après application). Le volume moyen de solution appliquée par fruit est de 7,7 ml ; seul l'éthéphon absorbé dans l'épiderme et non dégradé est pris en compte ; après alcalinisation d'une aliquote de broyat, la quantité d'éthylène libéré est mesurée par CPG.

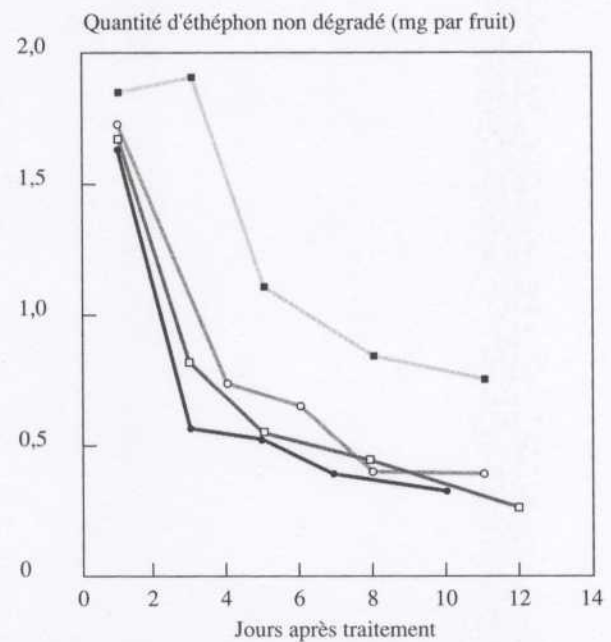


Figure 2. Dégradation de l'éthéphon dans l'épiderme (avant récolte). Les ananas, à trois stades de maturité, reçoivent 7,7 mg d'éthéphon avant la récolte ; la cinétique de disparition dans l'épiderme est suivie pendant 12 jours. Le stade "normal" correspond au début de coloration naturelle des fruits ; dans le traitement "avec poly" les fruits sont couverts par un film polyéthylène après traitement à l'éthéphon.

environ 5 % ne sont cependant toujours pas dégradés alors que les fruits traités aux stades 2 et 3 sont complètement colorés.

Lorsque les fruits sont recouverts par un film en polyéthylène, la condensation sur l'épiderme maintient l'éthéphon en solution plus longtemps et permet ainsi une absorption plus importante. Cependant la cinétique de décomposition est similaire à celle observée dans les autres fruits.

Dans les conditions de Côte-d'Ivoire, la coloration du fruit après application de l'éthéphon nécessite une dizaine de jours lorsque le traitement est effectué au début de la coloration naturelle (stade 2). Elle est plus rapide avec les fruits de stade 3 et plus lente et incomplète avec les fruits de stade 1.

Traitements post-récolte

En laboratoire, à 23°C, 18 % de l'éthéphon initialement appliqué sur les fruits sont retrouvés dans l'épiderme 3 heures après le traitement.

En enceinte thermostatée, à 43°C et à 50°C, l'éthéphon appliqué se transforme rapidement en éthylène. Environ 85 % du dégagement a lieu en 24 heures, il se poursuit très faiblement par la suite (figure 3). A 23°C, le dégagement est moins rapide pendant les premières 48 heures, il ne représente que le quart de ceux observés à 43°C et 50°C. Le bilan de l'évolution de l'éthéphon, après 24 heures, est présenté dans le tableau 1.

Quantité d'éthylène libéré (ppm)

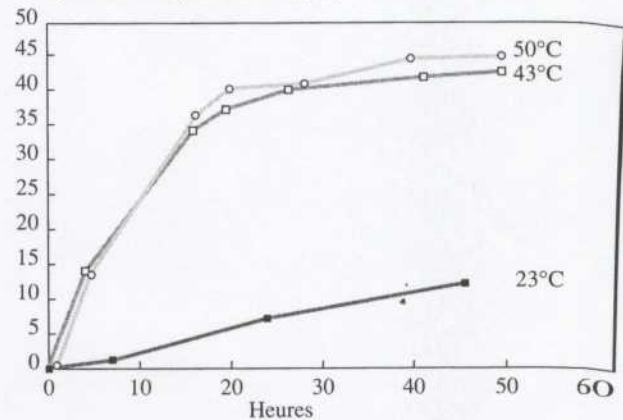


Figure 3. Action de la température sur la libération d'éthylène dans l'atmosphère. La cinétique de transformation en éthylène de 6 mg d'éthéphon, appliqués par micropulvérisation sur des fruits de 1,5 kg, est suivie en enceintes thermostatées (23°C, 43°C et 50°C).

Tableau 1. Bilan de l'évolution en 24 heures de l'éthéphon appliqué sur l'épiderme du fruit (valeurs exprimées en mg d'éthéphon).

Ethéphon récupéré	Fruits témoins	Fruits traités, non lavés et mis immédiatement en enceinte				Fruits traités, lavés 3 h après, puis mis en enceinte	
		Température des enceintes					
		43°C	23°C	43°C	50°C	23°C	43°C
Ethéphon dégradé en C ₂ H ₄	0,040	0,85	2,92	3,03	ε	1,03	
Résidu sec à la surface	-	3,33	3,75	4,68	5,20*	5,40*	
Ethéphon absorbé dans l'épiderme	0,014	1,80	0,82	0,65	1,12	0,29	
TOTAL	0,054	5,98	7,49	8,36	6,32	6,72**	

(*) il s'agit de l'éthéphon récupéré par lavage avant la mise en enceinte.

(**) le bilan est sous-estimé (environ - 0,75 mg) du fait de la perte d'éthylène qui se produit pendant les trois heures précédant la mise dans l'enceinte (voir figure 3).

6 ml d'une solution d'éthéphon à 1 mg de matière active par ml ont été appliqués sur 4 fruits sans couronne (1,5 kg), placés ensuite dans des enceintes thermostatées (à 25°C, 43°C et 50°C). Les différentes répétitions de chaque traitement ont été réunies en un échantillon moyen avant analyse de l'éthéphon, ce qui explique l'absence d'intervalle de confiance.

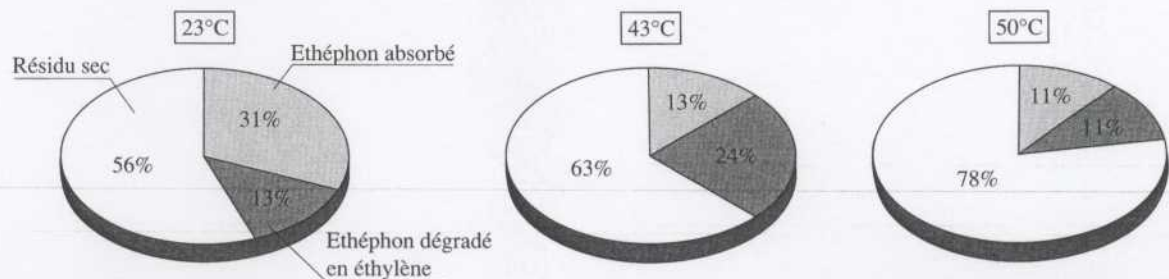


Figure 4. Action de la température sur le devenir de l'éthéphon appliqué sur le fruit. La cinétique de transformation en éthylène de 6 mg d'éthéphon, appliqués par micropulvérisation sur des fruits de 1,5 kg est suivie en enceintes thermostatées (23°C, 43°C et 50°C).

Aux températures élevées (43°C et 50°C), la somme [éthylène + éthéphon non dégradé], exprimée en mg d'éthéphon, est supérieure à la quantité initiale déposée sur le fruit (6 mg). Le surplus observé augmente avec la température. Les fruits témoins non traités ne produisent que des quantités négligeables d'éthylène par rapport à celles qui sont générées lorsqu'il y a application d'éthéphon. La figure 4 montre la répartition de l'éthéphon (après correction des surplus). L'essentiel de l'éthéphon reste sous forme de résidu de surface qui augmente avec la température. La part retrouvée sous forme absorbée augmente lorsque la température diminue, traduisant à la fois une absorption plus forte mais aussi une transformation en éthylène plus lente.

Pour les fruits lavés 3 heures après le traitement, avant d'être mis dans les enceintes, très peu de l'éthéphon absorbé (environ 18 % du total appliqué) est transformé en éthylène à 23°C (tableau 1). L'inverse est observé à 43°C. Par ailleurs, le bilan est dans ce dernier cas sous-estimé car les fruits n'ont été placés dans les enceintes que 3 heures après le traitement. L'éthylène dégagé et perdu pendant cette période représente environ 0,75 mg d'éthéphon (estimé d'après la figure 3), soit un bilan de 0,75 mg + 6,72 mg = 7,47 mg pour les fruits lavés avant d'être mis en enceinte à comparer aux 7,49 mg d'éthéphon récupérés pour ceux directement mis en enceinte à 43°C.

Traitements sur des fragments d'épiderme et de pulpe excisés

Les résultats précédents suggèrent que l'application d'éthéphon stimule la production endogène d'éthylène soit par l'épiderme, soit par la pulpe sous-jacente. Il a été démontré au cours d'essais préliminaires que l'éthéphon n'est pas retrouvé au-delà de quelques millimètres sous la cuticule. On a tenté de confirmer cette hypothèse sur des fragments excisés de 10 g d'épiderme ou de pulpe. La production endogène d'éthylène ou les effets de ce dernier sont bloqués par infiltration sous vide léger des solutions de cobalt ou d'argent dans les tissus. Le bilan total de l'éthylène dans l'atmosphère des enceintes de 250 ml et de l'éthéphon résiduel non dégradé après 24 heures à 43°C est présenté dans le tableau 2.

Les résultats ne confirment pas l'hypothèse d'une stimulation de la synthèse endogène à la suite du traitement éthéphon, ni dans l'épiderme, ni dans la pulpe sous-jacente. Les différences entre les traitements ne sont pas significatives et les quantités d'éthylène récupéré correspondent approximativement à celles de l'éthéphon déposé sur le tissu. Cependant les deux types d'infiltration (avec l'argent ou le cobalt) réduisent la production endogène d'éthylène des témoins, dont une part est sans doute due au stress de découpe et de mise sous vide partiel. Le cobalt réduit fortement le niveau d'éthylène endogène des témoins.

Tableau 2. Essai de mise en évidence d'une stimulation de la synthèse d'éthylène par des traitements à l'éthéphon de fragments d'épiderme ou de pulpe excisés en présence des inhibiteurs cobalt ou argent (valeurs exprimées en µg d'éthéphon).

Total éthéphon récupéré (éthylène + résidu non dégradé)	Témoin	Traitement par inhibiteur seulement	Traitement par éthéphon	Traitement par inhibiteur puis éthéphon
EPIDERME	5,7	<i>Cobalt 5 mM</i>	(*) 247,5 µg éthéphon	<i>Cobalt 5 mM puis 247,5 µg éthéphon</i>
		3,0	233,9	226,3
PULPE	2,6	<i>Argent 5 mM</i>	198,0 µg éthéphon	<i>Argent 5 mM puis 198,0 µg éthéphon</i>
		1,9	214,2	202,5
PULPE	15,3	<i>Cobalt 1 mM</i>	110,0 µg éthéphon	<i>Cobalt 1 mM puis 106,1 µg éthéphon</i>
		6,6	114,8	110,1
PULPE	0,5	<i>Argent 5 mM</i>	112,5 µg éthéphon	<i>Argent 5 mM puis 109,9 µg éthéphon</i>
		0,3	110,0	103,9

(*) en italique : quantité d'éthéphon déposée lors du traitement et type d'infiltration réalisée (inhibiteurs: cobalt ou argent).

12 g d'épiderme ou de pulpe sous-jacente sont désinfectés par NaOCl; les solutions de traitement (CoCl₂ 1 mM et 5 mM dans l'eau et témoins eau distillée, thiosulfate d'argent 5 mM et témoins thiosulfate sans argent) sont infiltrées sous vide léger, pendant 1 minute. 100 à 250 µg d'éthéphon sont ensuite appliqués. Le matériel végétal est ensuite conservé 24 heures en flacons bouchés, à 43°C. Les différentes répétitions de chaque traitement ont été réunies en un échantillon moyen avant analyse de l'éthéphon, ce qui explique l'absence d'intervalle de confiance.

Influence des facteurs température et pH sur l'efficacité des traitements

Effet de la température

La température des fruits au champ peut être très élevée puisque face au soleil elle atteint 50°C pour une température de l'air sous abri d'environ 32°C. Le reste du fruit est également très chaud : 40°C sont atteints couramment aux périodes chaudes de l'année, de janvier à avril (figure 5).

Dans les trois zones d'expérimentation, les températures observées ont été similaires : 31-32°C dans l'air, 40-41°C dans les fruits. Les différentes techniques pour réduire la température des fruits au moment du traitement n'ont eu aucun effet significatif sur l'efficacité du traitement. Dans les zones climatiques 1 et 2, les fruits étaient colorés dix jours après l'application de l'éthéphon quel que soit le traitement. Dans la zone 3 où les ananas ont reçu une fumure trop forte en azote, la majorité des fruits ne s'est pas colorée et ceux-ci étaient atteints de translucidité de la pulpe ou "jaune".

Effet du pH de la solution

Les notes moyennes de coloration des fruits obtenues pour les quatre traitements (pH=2,7 : solution couramment utilisée, pH=5, pH=6 et pH=7) sont respectivement 4,00 ; 3,15 ; 3,11 et 3,44. L'augmentation du pH de la solution diminue donc légèrement l'efficacité du traitement de coloration de l'ananas.

Discussion et conclusion

Après application du traitement destiné à colorer les fruits, la quantité d'éthéphon absorbé par l'épiderme varie en fonction des conditions de température et d'humidité. Plus il fait chaud, moins on retrouve d'éthéphon dans l'épiderme. L'eau de la solution s'évapore plus vite, le résidu sec en surface augmente et l'éthéphon qui pénètre est plus rapidement dégradé en éthylène et en acide phosphorique. Sur le plan pratique, on aura donc intérêt à éviter d'effectuer les traitements aux heures les plus chaudes de la journée où les fruits se comportent alors comme des accumulateurs de chaleur.

L'absorption est aussi fonction de la concentration de la solution utilisée, au moins dans la gamme habituellement utilisée en plantation. Mais seulement 20 % de la matière active pénètre effectivement dans l'épiderme où il se produit une dégradation lente et incomplète : il en reste encore 5 % après une dizaine de jours, alors que les fruits sont déjà colorés. Cette dégradation est indépendante du stade physiologique de l'épiderme, il s'agit probablement d'un simple phénomène chimique.

La réponse du fruit à l'éthylène exogène, sous forme d'éthéphon, dépend de sa maturité physiologique. C'est un concept admis aussi bien dans le cas de la coloration de l'ana-

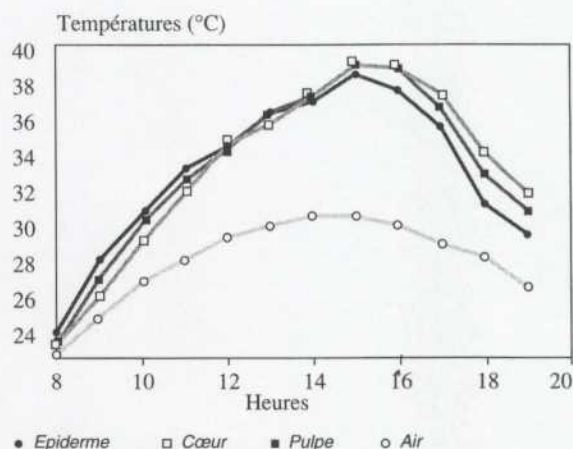


Figure 5. Evolution de la température des fruits au cours de la journée (mars). Températures mesurées à l'aide d'une thermosonde enfoncée à différentes profondeurs selon un axe perpendiculaire à la course du soleil ; air = température mesurée sous abri.

nas (AUDINAY, 1970) que dans celui de la maturation des fruits en général (GRIERSON, 1986), mais aussi dans la plupart des réponses des plantes à l'action des hormones (TREWAWAS, 1982 et 1991). Ce dernier suggère que les tissus immatures sont composés de cellules parvenues à des stades de différenciation hétérogènes dont les réponses à un stimulus externe, l'éthylène par exemple, sont également hétérogènes. A l'échelle du tissu, il en résulte une faible sensibilité au stimulus. Au contraire, le tissu mature serait plus homogène car la majorité des cellules qui le composent aurait atteint leur maturité physiologique. Il s'ensuivrait une sensibilité apparente, au stimulus, plus importante.

Seul l'éthéphon absorbé, puis lentement dégradé en éthylène dans l'épiderme, est actif. Lorsque la transformation de l'éthéphon en éthylène est accélérée en élevant le pH des solutions, le traitement est moins efficace. La quantité d'éthéphon disponible pour être absorbé dans l'épiderme est moindre. D'autres produits que l'éthéphon, qui libèrent leur éthylène rapidement, sont totalement inutilisables pour ce type de traitement (LURSSSEN, 1982). Par ailleurs, le produit ne pénètre que très superficiellement dans le fruit car l'éthéphon n'est pas retrouvé au-delà de quelques millimètres sous la cuticule. Il n'y a pas de transport de longue distance dans la plante comme l'avaient déjà observé dans d'autres plantes DOMIR et FOY (1978) cités par LURSSSEN (1982).

Enfin, il n'est pas possible d'expliquer l'inefficacité du traitement sur les fruits "jaunes" par un simple effet de la température durant la période d'application. Comme dans le cas des fruits immatures, il paraît logique de rechercher la réponse au problème dans la sensibilité du fruit au traitement. La température et d'autres facteurs climatiques pourraient modifier, à plus long terme, le métabolisme du plant et être responsables de ce manque de réceptivité au traitement éthéphon.

Références

- AUDINAY (A.). 1970.
Essai de contrôle artificiel de la maturation de l'ananas par l'éthrel.
Fruits, 25 (10), 1-6.
- BEAUDRY (R.), KAYS (S.). 1987.
Effects of environmental factors on the release kinetics of ethylene from 2-chloroethylphosphonic acid and 2-chloroethyl-methyl bis-phenylmethoxy silane.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 112 (2), 352-359.
- BIDDLE (E.), KERFOOT (D.), KHO (Y.), RUSSEL (K.). 1976.
Kinetics studies of thermal decomposition of 2-chloroethyl-phosphonic acid in aqueous solution.
Plant Physiol., 58, 700-702.
- COOKE (A.R.), RANDALL (D.I.). 1968.
2-Haloethanephosphonic acid as ethylene releasing agents for the induction of flowering in pineapples.
Nature, 218, 974-975.
- GORTNER (W.A.), DULL (G.G.), KRAUSS (B.H.). 1967.
Fruit development, maturation, ripening and senescence: A biochemical basis for horticultural terminology.
Hortscience, 2 (4), 141-144.
- GRIERSON (D.). 1986.
Molecular biology of fruit ripening.
In: *Oxford Surveys of Plant Molecular and Cell Biology*, 3, 361-383.
- LESHEM (Y.Y.), HALEVY (A.H.), FRENKEL (C.). 1986.
Processes and control of plant senescence.
In: *Developments in crop science*. The Netherlands: Elsevier, 8, p. 215.
- LURSSSEN (K.). 1982.
Manipulation of crop growth by ethylene and some implications of the mode of generation.
In: *Chemical manipulations of crops growth and development*. England: University of Nottingham School of Agriculture, Ed. McLAREN (J.C.), 78 p.
- PY (C.), LACOEUILHE (J.J.), TEISSON (C.). 1984.
L'ananas, sa culture, ses produits.
Paris : Ed Maisonneuve et Larose, 562 p.
- SOLER (A.). 1991.
Maturation et sénescence de l'ananas (Ananas comosus (L.) MERR) de Côte d'Ivoire.
Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II, 262 p.
- TEISSON (C.). 1979.
Enquête à propos du jaune sur l'exploitation de l'Anguédedou.
Document interne IRFA, RA 79 (13), 9 p.
- TREWAWAS (A.J.). 1982.
Growth substance sensitivity: the limiting factor in plant development.
Physiol. Plant., 55, 60-72.
- TREWAWAS (A.J.). 1991.
How do plant growth substances work? II.
Plant Cell Envir., 14, 1-12.

Metabolismo del etefon en el epidermis de la piña (*Ananas comosus* (L.) MERR.).

A. SOLER

Fruits, vol. 47, n°4, p. 471-477.

RESUMEN - En Costa de Marfil, la coloración de las piñas es artificialmente acelerada y homogeneizada por un aplicación de etefon algunos días antes de la cosecha. Durante los períodos calientes del año, muy a menudo cuando la carne de la fruta es translúcida, el tratamiento es poco eficaz o sin efecto. El metabolismo del etefon en el epidermis de la fruta ha sido estudiado en relación con la temperatura, el pH y el estado de madurez. La mayoría del producto se queda en la superficie como residuo seco, particularmente con altas temperaturas. El etefon absorbado (20%) es descompuesto lentamente en más o menos 12 días. La temperatura de la fruta no influye sobre la eficiencia del tratamiento. Un aumento de pH de las soluciones la disminuye. La velocidad de degradación del etefon en el epidermis es independiente del estado de madurez. Para las frutas translúcidas, la sensibilidad del epidermis de la piña al etileno parece ser un factor determinante de la ineficiencia del tratamiento, más que las condiciones físicas y químicas en la superficie de las frutas.

PALABRAS CLAVES : Piña, *Ananas comosus*, coloración, etefon, metabolismo, translucidez.
